Aus der zahnärztlichen Poliklinik der Universität Freiburg i. Br.
(Direktor Professor Dr. F a b e r.)

Die Farbveränderungen beim Brennen von Porzellanfüllungen im Fehr'schen Gebläse.

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Würde eines
Doktors der Zahnheilkunde
einer Hohen Medizinischen Fakultät der
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i. Br.

Vorgelegt von
H e l g a S e e d o r f
approb. Zahnärztin aus Cleve.

1935

Buchdruckwerkstätte Weis, Mühlhans & Räpple, Freiburg i. Br.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Meinem lieben Vater.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41545312_0106

Stoffordnung.

A. Problemstellung.

1. Gold—Silikat—Porzellan.
2. Vorschriften zur Farbwahl bei Porzellan.
3. Das Sauerstoff-Gas-Gebläse nach Dr. Fehr.

B. Apparatur.

C. Ausführung der Versuche.

1. Die Brände in der 1½ und 2 Millimeter tiefen Kavität.
2. Temperaturbestimmungen.

D. Besprechung der Versuche.

1. Analysen der Porzellanpulver.
2. Farbresultate der vier verschiedenen Gruppen.
3. Zusammenfassung der Resultate mit Tabelle.
4. Beziehungen zwischen Flammenhöhe und Brenndauer (graphische Darstellung).

E. Schluß.

A. Problemstellung.

Bei Füllungen im Frontzahngebiet kommen drei Materialien in Frage: Gold, Silikat und Porzellan. Ersteres kann allein durch sein schlechtes kosmetisches Aussehen nicht befriedigen. Die Silikatzemente haben wohl den Vorteil der leichten Verarbeitung und in der ersten Zeit nach der Behandlung, den des besten Aussehens. In einer großen Zahl von Fällen tritt aber trotz vorschriftsmäßiger Bearbeitung eine Auflösung der Füllung ein, was sich durch Rauhwerden der Oberfläche und Aufnehmen von Farbstoffen zeigt. Die Füllung wird ausgewaschen und der Randschluß wird dadurch mangelhaft. Als Folge tritt Sekundärkaries auf.

Im Porzellan ist uns ein Mittel gegeben, kosmetisch etwas Naturähnliches zu schaffen, und außerdem befriedigen die Füllungen durch guten Randschluß, chemische und mechanische Haltbarkeit und einer völligen Reizlosigkeit der Pulpa und den Weichteilen gegenüber.

Im Jahre 1898 gab Jenkins als brauchbares Material sein „Porcelain Enamel" in den Handel. Dieses Material hat aber unbefriedigende Resultate bei Füllungen, auf denen der Kaudruck lastet, gezeigt. Diese waren somit leicht der Bruchgefahr ausgesetzt. Die 1905 eingeführten Silikatzemente erlangten rasch großes Ansehen wegen ihrer leichten Verarbeitung und verdrängten für eine Zeit die Porzellane wieder. Die oben angeführten Nachteile der Silikate und die Einführung von Porzellanen mit besseren physikalischen Eigenschaften ließen die Herstellung von Brandfüllungen wieder aufblühen. Der Schmelzpunkt der neuen Porzellane liegt höher und bedingt dadurch eine größere Bruchfestigkeit.

Eine der heute gebräuchlichsten Masse wird von der Firma Hildtebrandt AG., Essen, unter dem Namen „Vita Porzellan"

in den Handel gebracht, mit dem Schmelzpunkt 930 Grad und 1130 Grad, für Füllungen und Kronen. Die Pulver werden für die verschiedensten Farbtypen hergestellt. Die Vita Farbenskala enthält 24 Farbtöne, die zu vier verschiedenen Farbgruppen zusammengefaßt sind.

Durch die Selbstherstellung von Porzellanfüllungen, sowohl wie von Kronen, kann jedem Patienten eine individuelle Behandlung ermöglicht werden. Ausschlaggebend ist jedoch eine genaue Kenntnis der Eigenart des Materials, weil hierdurch das Indikationsgebiet eingeschränkt wird. Gegen Druck zeigt Porzellan höchste Widerstandsfähigkeit, gegen Zug ist es sehr empfindlich, es kann hierbei wie Glas zersplittern.

Jede Porzellanfüllung steht und fällt mit der Farbe. Die Bestimmung der treffenden Farbe erfordert große Erfahrung. Die zur Verfügung stehenden 24 Farben reichen oft noch nicht aus; so muß durch Mischen der verschiedenen Farben versucht werden, den Farbton dem natürlichen Zahn anzugleichen. Dazu kommt, daß der Farbeindruck infolge der Strukturverschiedenheit der Zahngewebe und des Porzellanes von der Intensität der Beleuchtung und von deren Einfallsrichtung abhängig ist. Mit Rücksicht auf diese Umstände gibt es eine Reihe von Vorschriften zur Erleichterung der Farbwahl:

1. Die Farbbestimmung ist stets bei natürlichem Licht zu treffen.
2. Zahn und Porzellanfarbmuster sollen mit der gleichen Flüssigkeit befeuchtet werden.
3. Starke Farben in der Umgebung sind abzuhalten.
4. Der Lichtauffall soll senkrecht sein, um die durch starke Lichtbrechung erzeugten Aufhellungen oder Verdunkelungen zu vermeiden
5. Es ist bekannt, daß die Intensität eines Farbtones nicht nur abhängt von der Dichte der Farbverteilung, sondern auch von der Masse des Farbträgers. So z. B. wird eine intensiv gefärbte Flüssigkeit wesentlich heller erscheinen, wenn man davon kleine Mengen entnimmt. Genau das gleiche gilt auch für die Porzellanmasse. Dünne Porzellanplättchen werden demgemäß heller erscheinen als dickere. Die Vitanormmassen sind auf die Stärke von 1 Millimeter speziell für Kronen eingestellt worden.

6. Es ist der Unterfüllung ebenfalls große Aufmerksamkeit zu widmen, da durch eine farblich schlechte Befestigungsmasse der Eindruck einer an sich in der Farbe gut getroffenen Füllung vernichtet werden kann. Am besten fährt man, wenn man bei farblich gelungenen Füllungen den gleichen Farbton auch für die Unterfüllung wählt. Bei zu hellen Füllungen nimmt man einen dunkleren Ton, entweder dunkler grau oder dunkler braun, während man bei zu dunklen Füllungen durch hellere Unterfüllung eine Auflichtung erzielen kann.

Trotz der kosmetisch wie hygienisch besseren Bedingungen hat sich die Porzellanfüllung nicht in größerem Maße durchgesetzt, auf Grund technischer Schwierigkeiten bei der Herstellung. Bislang wurden die Füllungen in Öfen, gewöhnlich Platin-Wickelöfen, gebrannt. Nach einer von F e h r herausgebrachten Methode wird in neuester Zeit für kleinere Arbeiten, speziell für Füllungen, in einem offenen Sauerstoff-Gas-Gebläse gebrannt. Dieses hat für diese Art Arbeiten den Öfen gegenüber verschiedene Vorteile. Erstens ist es möglich, in viel kürzerer Zeit die Füllung zu brennen. Man kann so den Patienten warten lassen, kann zwischen durch einprobieren. Zweitens erreicht man ein völliges Ausfließen der Brennform. Drittens benötigt das Gebläse einen geringen Aufstellungsraum, und außerdem sind die Anschaffungskosten nicht sehr hoch.

F e h r gibt eine genaue Anweisung für das Brennen in dem Gebläse.

Die Präparation der Kavitäten geschieht in der gleichen Art wie bei Porzellanfüllungen, die im Ofen gebrannt werden. Kurz gesagt: kastenförmige Präparation, Vermeidung aller scharfen Ecken und Kanten sowie feiner Ausläufer und schmaler Brücken. Da die Füllung um Folienstärke kleiner ist, ist es möglich, durch divergierende Wände der Kavität die Zementfuge zum Verschwinden zu bringen. Deswegen sollen die Schmelzränder auch eine geringe Abstufung erhalten.

Der Abdruck wird direkt mit Platin-Iridium-Folie von 0,01 Millimeter Dicke genommen. Um die Folie genügend geschmeidig und weich zu machen, muß sie kurz vor der Verarbeitung im Stauerstoffgebläse bis zur Weißglut ausgeglüht werden. Es genügt nicht, die Folie im elektrischen Ofen auf 1400 Grad zu erwärmen. Erst die äußerst zulässige Temperatur von etwa 1650 Grad, die wir nur im

Sauerstoffgebläse erreichen, macht die Folie weich und elastisch. Ein entsprechend großes Stück wird ausgeschnitten und auf die Kavität gelegt. Mit einem feuchten Wattebäuschchen wird die Folie fest in die Kavität gedrückt. Sollte die Folie innerhalb der Kavität reißen, so hat dies nichts zu bedeuten; die Porzellanmasse fließt beim Brennen nicht hindurch. Risse am Rande aber sind unbedingt zu vermeiden. Mit Glas- oder Tantalinstrumenten wird der Rand sorgfältig anrotiert. Der Rand muß überall vollständig übersichtlich sein. Jetzt wird der überstehende Folienrand mit einer Pinzette gefaßt und der ganze Abdruck aus der Kavität genommen.

Durch das Anrotieren mit den Instrumenten ist die Metallfolie ungleichmäßig mechanisch bearbeitet worden, wodurch die Folie Spannungen in sich bekommen hat. Sie ist dort, wo sie der Bearbeitung der Instrumente ausgesetzt gewesen ist, härter geworden als an den Stellen, wo sie weniger bearbeitet wurde. Diese Spannung hat zur Folge gehabt, daß sich die Folie etwas geworfen hat, und daß der Abdruck, so wie er jetzt ist, nicht genau passen würde. Diese Spannungen müssen durch nochmaliges Ausglühen im Sauerstoffgebläse beseitigt werden.

Die ausgeglühte Folie wird nun außerhalb des Mundes mit Wachs gefüllt, das man über einer Flamme flüssig gemacht hat, und in die Kavität hineingesetzt; mit einem Kugelinstrument wird dann das noch plastische Wachs fest an alle Ränder gedrückt. Nach der Farbbestimmung wird die Füllung gebrannt. Zuerst muß das Wachs herausgeschmolzen und der Rest herausgebrannt werden. Die leicht schmelzende 930-Grad-Masse wird mit Alkohol angerührt und in die Form gefüllt und darüber hinaus, um die eintretende Sinterung zu berücksichtigen. Nach vorsichtigem, langsamem Verdunstenlassen des Alkohols wird der Abdruck über die Sauerstoffflamme gehalten, und zwar in Höhe von 12 bis 15 Zentimeter über der Düse bei einem Stauerstoffkegel von 3 bis 4 Millimeter Höhe (s. Figur 1).

Ist die Porzellaneinlage fertig, so wird die Platin-Iridium-Folie entfernt. Da die innere Wand der Füllung vollständig blank und glatt ist, bietet sie nicht genügend Halt für den Zement und muß deshalb mit Schleifsteinchen angerauht werden.

Bei den Arbeiten im Gebläse stellte es sich nun heraus, daß bei den „Vita"-leichtschmelzenden Massen die Farbe nicht immer befriedigend wurde. Selbst die Brände, die in der von F e h r ange-

gebenen Höhe von 12 bis 15 Zentimeter über der Düse, bei einer Sauerstoffkegelhöhe von 3 bis 4 Millimeter angefertigt wurden, entsprachen nicht bei allen Farbgruppen den Anforderungen.

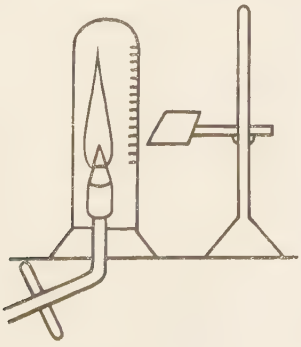
Bestimmend für Farbe und Aussehen der Brände wird sein, ob in oxydierender oder reduzierender Flamme gebrannt wird. Für keramisches Material kann nur die oxydierende Flamme in Frage kommen, da im reduzierenden Gebläse die zur Färbung des Porzellanpulvers dienenden Metallsalze reduziert werden würden, was die Farbe vernichtet. Durch einige Vorversuche konnte ich diesen Farbenausfall feststellen. Bei der Verarbeitung wird die Brenntemperatur ausschlaggebend sein, und diese wird wiederum abhängig sein von der Höhe des Sauerstoff- und des Gaskegels.

Zweck dieser Arbeit soll es nun sein, auf die Zusammenhänge zwischen Farbtönung und den Bedingungen des Brandes im Fehrschen Gebläse einzugehen, und sie praktisch auszuwerten.

B. Apparatur.

Zur Durchführung der Versuche ist folgendes nötig gewesen:

1. Das Fehrsche Gebläse mit Düse Nr. 2.
2. Eine Spiegelskala, die, hinter dem Gebläse aufgestellt, eine genaue paralaxenfreie Ablesung ermöglichen sollte.
3. Ein verstellbares, mit einer Platte versehenes Stativ, um während der ganzen Brenndauer das Objekt in der gewünschten Höhe fixieren zu können.



Figur Nr. 1.

4. Für die Versuchsreihen war es nötig, eine genaue Norm zu bekommen. Dazu ließ ich mir einen Metallblock anfertigen, in den zwei runde Kavitäten, die eine von 6 Millimeter Durchmesser und 1,5 Millimeter Tiefe, die andere auch von 6 Millimeter Durchmesser und 2 Millimeter Tiefe auf ein Hundertstel genau hineingefräßt wurden. Die erste Tiefe ist gewählt worden, weil die Füllungen nicht unter 1½ Millimeter Tiefe gehen sollen. Tiefere Kavitäten als 2 Millimeter sind zu vermeiden, da die Abdrucknahme mit Folie bei einer so tiefen Kavität wegen der Gefahr des Zerreißens der Folie fast unmöglich ist.

Zu den Versuchen wäre auch die Verwendung eines Zahnes möglich gewesen; aus Präzisionsgründen aber wurde zur Metallschablone gegriffen.

S m e r k e r macht in seinem Lehrbuch den Vorschlag, eine abgeschrägte, keilförmige Schablone zu verwenden, um ein Muster zu erhalten, wobei sich die von der Schichtstärke abhängige Farbenabstufung zu erkennen gibt. Bei dieser Schablone ist es aber äußerst ungenau, einen Farbton für eine ganz bestimmte Tiefe abzulesen, wie es für diese Versuche nötig ist.

5. Für den Abdruck wurde Platin-Iridium-Folie von 0,01 Millimeter Stärke und von der Größe von 1 cm² benutzt.
6. Die verwandten Porzellanpulver waren die Vita 930° Massen, und zwar wurde jeweils die dunkelste Farbe jeder Farbgruppe benutzt.

   I. Gruppe: Farbe gelblich bräunlich
   Nr. 12 Vita Dentin

   II. Gruppe: Farbe rötlich-gelblich
   Nr. 17 Vita Dentin

   III. Gruppe: Farbe gelblich-bläulich
   Nr. 24 Vita Dentin

   IV. Gruppe: Farbe grau-grau-braun
   Nr. 64a Vita Dentin

7. Eine Stoppuhr zur Ablesung der Brennzeit.
8. Ein Farbpyrometer zur Temperaturbestimmung.
9. Der Vita-Farbenring als Norm.

C. Ausführung der Versuche.

Zu der ersten Gruppe der Versuche wurde die Kavität von 1½ Millimeter Tiefe für alle vier Farbtypen genommen, bei der zweiten Gruppe die Tiefe von 2 Millimeter. Die bei allen Versuchen gleichbleibende Größe der Platin-Iridium-Folie zum Abdrucknehmen betrug 1 cm^2. Die Porzellanmasse wurde mit Alkohol in sahneartiger Konsistenz angerührt, und der Sinterung beim Brennen Rechnung tragend, wurde die Form ungefähr um 25 Prozent überhöht. Hierbei mußte man sich vollkommen auf das Augenmaß verlassen, denn es war erstrebenswert, bei jedem Brand die gleiche Menge einzutragen. Der Alkohol wurde über einer kleinen Spiritusflamme vorsichtig ausgebrannt. Durch zu plötzliches Ausbrennen wären Risse und Sprünge entstanden, weil der zu rasch verdunstende Alkohol die Porzellanteilchen hochgerissen hätte. Die Brennform, die in einer Pinzette befestigt war, wurde jetzt auf das Stativ gelegt, und zwar so, daß die Folie genau in der gewünschten Höhe stand, und inmitten der Flamme, was sich an einem gleichmäßigen Aufflammen der Folie anzeigte. Die Brennform wurde im Durchschnitt dreimal gefüllt, bis gegebene Tiefe und gegebener Durchmesser erreicht waren. Die gleichmäßige Dichtigkeit wurde insofern berücksichtigt, als immer ein Porzellanbrei von gleicher Konsistenz bereitet wurde. Es wurde auch die gleiche Art des Eintragens befolgt, ohne durch Erschüttern oder Riffeln der Brennform ein Dichterliegen der einzelnen Pulverteilchen herbeiführen zu wollen. Die Zeit der einzelnen Brände wurde mit der Stoppuhr festgehalten. Der Brennbereich in der Gebläseflamme war bei allen Versuchen von 6 bis 15 Zentimeter Höhe über der Düse, in je 10 Millimeter Abstand, bei einer Sauerstoffkegelhöhe von 4 Millimeter. Tiefer als 6 Zentimeter konnte nicht gebrannt werden, weil dort der Schmelzbereich der dünnen Platin-Iridium-Folie lag. Höher als 15 Zentimeter in der Flamme wurde kein Brand des Porzellanpulvers mehr erreicht. In jeder Höhe wurden zum genauen Vergleich mindestens 3 bis 4 Brände angefertigt. Bei allen Versuchen war genauestens darauf zu achten, daß kein Luftzug die Flamme traf, daß also diese selbst vollkommen ruhig stand. Um eine Bewegung

der Flamme auf ein Minimum zu beschränken, wurde die Apparatur mit einer nach oben hin offenen Asbestrolle umgeben. Es wurde nur ein Spalt für die Pinzette mit der Brennform und zur Beobachtung frei gelassen.

Nach Beendigung der Versuche mit der 1½ Millimeter tiefen Kavität zeigte es sich, daß die drei Brände für jede Höhe immer gleichmäßig in den Farbtönen waren. Die Brände der 2 Millimeter tiefen Kavität zeigten dieselben Resultate und stimmten in den Farbtönen genau mit der 1½ Millimeter tiefen Kavität überein.

Zur Erreichung eines vollwertigen Brandes ist als Folge der Höhe die Temperatur maßgebend. Zur Bestimmung der Brenntemperatur in den verschiedenen Höhen benutzte ich das Pyrometer „Optix" der Firma Pyrowerk Dr. R. Hase, Hannover. [1]

Der Gültigkeitsbereich des Pyrometers bezieht sich nur auf Schwarzstrahler, und zu diesem Zwecke mußte die Temperatur der strahlenden Platin-Iridium-Folie umgerechnet werden, was nach folgender Formel geschah: [2]

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T} - \frac{8}{C^2} \ln A$$

Tabelle 1 gibt die beobachteten und umgerechneten wahren Temperaturen wieder.

Höhe in cm	Beobachtete Temperatur = S in C.°	Wahre Temperatur = T in C.°	Fehlergrenze
6	1200	1290	± 20°
7	1150	1230	
8	1100	1175	
9	1075	1150	
10	1050	1120	
11	1000	1060	

Tabelle 1.

Die Temperaturen in den Höhen 15—12 Zentimeter konnten mit dem Pyrometer nicht mehr bestimmt werden, da der Meß-

[1] Eigentum der deutschen Notgemeinschaft.

[2] Die Formel und die Umrechnungswerte sind dem Werk „Henning", Temperaturmessungen, Braunschweig, 1915, entnommen.

bereich dieses Instrumentes nur bis 1000 Grad Celsius reicht. Die Messung dieser Temperaturen mit dem Thermoelement hätten aber in unserer offenen Flamme zu große Ungenauigkeiten ergeben. Außerdem ist diese Flammenzone für die Brände von keiner großen Bedeutung, da sie dort nicht exakt werden.

D. Besprechung der Versuche.

Für die Besprechung der Versuche und deren Folgerung ist es vor allem notwendig, die Zusammensetzung der verarbeiteten Porzellanpulver zu kennen. Zu diesem Zwecke wurden sie von Herrn Prof. Dr. W. Nottack und dessen Assistenten, Herr Dr. Faeßler, zum Teil auf röntgenographischem, zum Teil auf kolorimetrischem Wege analysiert, das Ergebnis zeigt sich am übersichtlichsten aus folgender Tabelle:

Bestandteile der Porzellanpulver.

Pulver Nr.	$Ca_3(PO_4)_2$	Al-phosphat	Spezielle Farbgebende Komponente Fe	
12 gelb-braun	„	„	Kleine Mengen wahrscheinlich als Phosphat	keine
17 rot-braun	„	„		
24 gelb-blau	„	„	zk. 0,1-1‰	Geringe Mengen Cobalt (Cu?)
64A grau-braun	„	„		Uransalze

Tabelle 2.

Von den in der zahnärztlichen Literatur angegebenen Metalloxyden, z. B. Gold, Silber, Platin, Iridium u. a. m., konnte in den verarbeiteten Pulvern nichts festgestellt werden.

Die darin enthaltenen Farbkomponenten sind maßgebend für die Farbnüancen der Brände. Um sie mit der Norm des Vita Farbenringes zu vergleichen und Schlüsse aus obigem zu ziehen, mußten sie unter folgenden Gesichtspunkten verglichen werden:

1. Auf weißer Unterlage bei Tageslicht.
2. Auf weißer Unterlage bei elektrischer Beleuchtung.
3. Auf dunklem Untergrund bei Tageslicht.
4. Auf dunklem Untergrund bei elektrischer Beleuchtung.

Es genügte nicht, die Proben einmal zu betrachten, das Auge mußte vielmehr erst durch wiederholtes Anschauen auf die feinen Farbnuanzen eingestellt werden.

Wie verhalten sich nun die einzelnen Farbgruppen in den verschiedenen Temperaturen und als deren Folge die Farbe des Brandes?

I. Gruppe: Typ gelblich-bräunlich Nr. 12 (Fe).

In Höhe von 15 bis 13 Zentimeter wurde eine sehr rauhe und ungleichmäßige Oberfläche ohne Glanz erzielt. Von verschiedenen Seiten und vor allem bei auffallendem Licht betrachtet, ergab sich kein in sich übereinstimmender Farbton des Werkstückes. Diese Höhe ist somit für unsere Zwecke als unzulänglich anzusehen. In Höhe von 12 bis 9 Zentimeter war der Brand gut, einheitlicher Farbton aller Brände untereinander und übereinstimmend mit der Norm des Vita Farbenringes. Die Höhe von 8 bis 6 Zentimeter liefert einen viel zu hellen Farbton und scheidet damit aus.

In den oberen Regionen erhält man die Mißerfolge durch zu niedrige Temperatur; als Folge davon läßt sich kein genügender Schmelzfluß und kein homogenes Gemisch erreichen. In dem unteren Teil, der zu hohen Temperatur, verblassen die Farbtöne und werden unscheinbar infolge der Überhitzung. Weiterhin könnte die Möglichkeit eines Totbrennens der Masse bestehen, wobei sich m. E. das farblose Fe^3 Phosphat zum Teil bilden kann. Hierdurch erkläre ich mir die zu hellen Brennergebnisse.

Die günstige Brennhöhe liegt also zwischen 12—9 Zentimeter über der Düse, was einer Temperatur zwischen etwa 1060 bis 1150 Grad Celsius entspricht.

II. Gruppe: Typ rötlich-gelblich Nr. 17
(Fe mehr wie in I)

hat die günstige Brennhöhe von 13 bis 8 Zentimeter. Dieser Typ hat den umfangreichsten Brennbereich. Schon bei Patientenarbeiten, bevor noch die Versuchsreihe durchgeführt war, wurden bei dieser am häufigsten gebrauchten Farbe die wenigsten Farbveränderungen beobachtet. Diese treten erst in 6—7 Zentimeter Höhe auf, wobei eine zu helle Farbe erreicht wird. Der hierbei erzielte dunklere braune Farbton sowie der umfangreichere Brennbereich erklärt sich im Gegensatz zu Gruppe I durch die höhere Konzentration der farbbestimmenden Komponente.

Die beste Brennweite liegt zwischen 13—8 Zentimeter Höhe, einer Temperatur von etwa 1000—1180 Grad Celsius entsprechend.

III. Gruppe: Typ gelblich-bläulich Nr. 24
(Fe + Cobalt [Cu?]).

In den Höhen 15—13 Zentimeter wird das Pulver bei dieser Gruppe überhaupt nicht durchgebrannt. Es sintert zusammen, bildet aber keine einheitliche homogene Masse, sondern läßt sich bei leichtestem Druck mit den Fingern zerkrümmeln (Grund wie in Höhenlage bei Gruppe I). Bei 12 Zentimeter Höhe wird das Pulver besser durchgebrannt; es läßt sich nicht mehr zerdrücken; dieser Brand zeigt aber eine so völlig stumpfe, schmutzig graue Oberfläche, daß diese Höhe auch ausscheidet. In jeder Hinsicht befriedigende Resultate erzielen wir bei 11—9 Zentimeter, während die tiefer gelegene Zone 8—6 Zentimeter einen zu hellen, ins grünliche spielenden Farbton ergibt.

Der bläuliche Ton wird verursacht durch die im Pulver enthaltenen Kobaltsalze (Cu Salze). Sie sind jedoch in so geringen Mengen vorhanden, daß sie kaum analytisch nachweisbar sind. Eine starke Kobaltkonzentration würde eine zu intensiv blaue Farbe erzeugen, so daß die bräunliche Fe-Farbe überdeckt würde. Kobalt wird man in keramischen Massen bevorzugt verwenden, da es sich gerade in einer Temperatur von 1000 bis 1200 Grad Celsius mit besonderer Vorliebe mit Tonerde zu farbigen Aluminaten verbindet.

Die beste Brennhöhe liegt in 11—9 Zentimeter Höhe, einer Temperatur von 1060—1150 Grad Celsius entsprechend.

IV. Gruppe: Typ grau—grau—braun. Nr. 64a (Fe + Uran).

Auch bei dieser Gruppe sehen wir in der 15—13 Zentimeter Höhe die gleichen Erscheinungen wie in Gruppe III. Das Pulver wird nicht durchgebrannt: der gewünschte Farbton wird auch nicht erreicht. In 12 Zentimeter Höhe liefert dieser Typ ebenfalls eine nicht so glänzende gleichmäßige Oberfläche wie in den günstigen Brennweiten. Der Farbton ist schmutzig grau und erscheint durch die rauhe Oberfläche nicht einheitlich.

Außerdem findet sich in 11 Zentimeter Höhe der gleiche Farbfehler wie in Höhe 12 Zentimeter. was im Gegensatz zu den anderen Farbgruppen erstaunenswert ist.

Die graubraune Zwitterfarbe ist leicht erklärlich durch die Mischung des Urans, das im Reinen einen gelben Ton erzeugt. mit dem Eisen, welches einen braunen Ton hervorbringen sollte. Zusammen ergeben Uran und Eisen aber einen braunen bis schwarzen Ton. Ausschlaggebend ist der Prozentsatz der beiden Komponenten.

In den Höhen 10—6 Zentimeter liegt die erfolgreiche Brennweite bei einer Temperatur von 1120 bis 1290 Grad Celsius.

Zusammenfassend kann gesagt werden:

1. Für die ersten drei Gruppen liegt im Durchschnitt der völlig ideale Brennbereich in der Flammenhöhe 11—9 Zentimeter. bei einer Temperatur von 1060 bis 1150 Grad Celsius. In dieser Höhe erhält man den gewünschten Farbton, sowie auch Härte und Glanz.
2. Für die vierte Gruppe rückt der ideale Brennbereich um 10 Millimeter tiefer. Er liegt in 10—8 Zentimeter Höhe, bei einer Temperatur von 1050 bis 1100 Grad Celsius. Dieser Unterschied von 10 Millimeter Höhe ist von nicht großer Bedeutung für den Praktiker. Wenn dieser sein Werkstück höher als den günstigen Brennbereich hält, wird er durch das mangelhafte Zusammensintern auf diese ungünstige Höhe aufmerksam gemacht werden, und er wird mit seinem Werkstück tiefer in die Flamme gehen.
3. Für alle Gruppen ist empfehlenswert, nicht zu nahe an den Sauerstoffkegel heranzugehen und außerdem immer die Höhe von 9 und 10 Zentimeter, welcher die Temperatur von 1150 bis 1175 Grad Celsius entspricht, einzuhalten.

Diese Ergebnisse sieht man übersichtlich aus folgender Tabelle:

Tabelle 3.

Höhe cm	Farbe Nr.	Verhalten der Farbe	Farbe Nr.	Verhalten der Farbe	Farbe Nr.	Verhalten der Farbe	Farbe Nr.	Verhalten der Farbe
15	Vita dentin 12		Vita dentin 17		Vita dentin 24		Vita dentin 64 A	
13	„		„		„		„	
12	„		„		„		„	
11	„	gut	„	gut	„		„	
10	„		„		„	gut	„	gut
9	„		„		„		„	
8	„		„		„		„	
7	„	zu hell	„	zu hell	„	zu hell	„	
6	„		„		„		„	

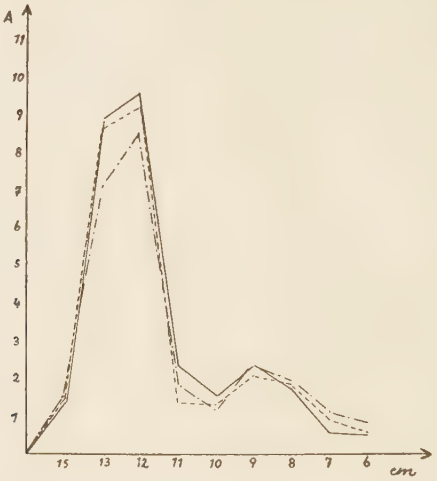
Der ideale Brennbereich ist durch das rote Feld veranschaulicht. Es wurde die Flammenhöhe in ihrer Auswirkung auf die Farbe des Brandes durch Vergleiche festgelegt.

Die Beziehungen zwischen Flammenhöhe und Brenndauer sollen auch klargelegt werden. Die Versuche haben ergeben, daß ein lineares Verhältnis zwischen den beiden Komponenten besteht. Sie sind in Figur 2a und b graphisch dargestellt. Abszisse ist die Flammenhöhe, Ordinate die Brennzeit.

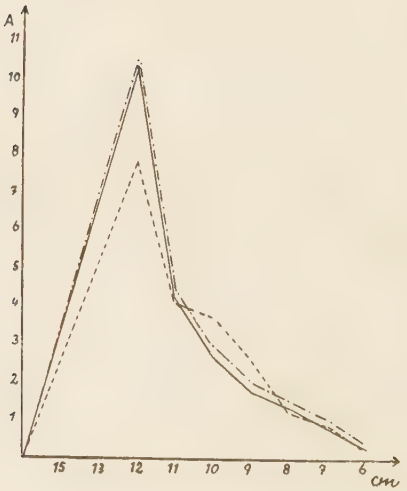
Es ergibt sich weiterhin aus den Kurven, daß in den Bezirken, in denen die Brände unregelmäßig und schlecht sind, in den höheren Regionen, die Brenndauer 4—6mal so lang ist, was aus der Steigung der Kurve in dem Gebiet ersichtlich ist. Oberhalb des idealen Brennbereiches bekommt man auf Grund der schwächeren Temperatur keine ergibigen Resultate.

Beziehungen zwischen Flammenhöhe und Brenndauer.

Figur 2a.



Figur 2b.



Zeichenerklärung: 1. Brand = Bleistift. ———

2. Brand = grün. .—.—.—

3. Brand = blau. — — — —

E. Schluß.

Hinzufügend ist über das Brennen im Sauerstoffgebläse nach Dr. F e h r noch folgendes zu sagen:

1. ist darauf zu achten, daß man möglichst Metallsalze und Oxyde verwendet, die bei Wärmebehandlung eine widerstandsfähige Verbindung ergeben.
2. darf die Masse weder zu hoch erhitzt werden, was ein Verblassen bewirkt, noch zu niedrig gebrannt werden, was keine Homogenität zur Folge hat.

Befolgt man die von F e h r in seinen Mitteilungen herausgegebenen Erfahrungen, sowie die in meiner Arbeit gefundenen Ergebnisse möglichst genau, so hat man mit den Arbeiten im Gebläse ein Mittel zur Hand, schnell und zweckmäßig ein Ersatzstück herzustellen, das sämtlichen Anforderungen der Kosmetik wie der Hygiene entspricht.

Ich möchte diese Arbeit nicht abschließen, ohne Herrn Dr. E m i g für den Hinweis auf die Arbeit sowie Herrn Prof. Dr. F a b e r für die freundliche Überlassung des Themas und die Übernahme des Referates zu danken. Des weiteren gilt mein Dank Herrn Prof. Dr. W. N o d d a c k, Direktor des Phys.-chem. Institutes, und seinem Assistenten, Herrn Dr. F a e ß l e r, für die Herstellung der Analysen und Herrn Prof. Dr. W. F i s c h e r, Leiter der anorganischen Abteilung des Chemischen Laboratoriums der Universität Freiburg, für die zur Verfügungstellung des Pyrometers.

Literatur.

I. Bücher:

Felcher, Fred. R.: Zahnärztliche Porzellanarbeiten. Urban und Schwarzenberg, 1935.

Hiltebrandt, Dr. G.: Die Laboratoriumstechnik der Porzellanmantelkrone. Dr. Hiltebrandt Zahnfabrik AG., Essen, 1932.

Remy, Dr. Heinrich: Lehrbuch der anorganischen Chemie, II. Band. Akadem. Verlagsgesellschaft, Leipzig, 1932.

Riesenfeldt, E. H.: Anorganisch-chemisches Praktikum. Hirzel, Leipzig, 1930.

Smerker, Dr. Ernst: Das Füllen der Zähne mit Porzellan. Berlinische Verlagsanstalt, 1926.

Ullmann, Dr.: Enzyklopädie der technischen Chemie, Band IV.

II. Zeitschriften.

Chemikerzeitung: Die chemische Praxis, 59. Jahrgang, Nr. 9: „Porzellan anstatt Glas und Gold."

Zahnärztliche Rundschau: 43. Jahrgang, Nr. 44: „Über Porzellan" von Dr. V. K. Ilg.

Vierteljahresschrift für Zahnheilkunde: 1930, Heft I: „Porzellanfüllungen" von Dr. Karl Fehr.

Vita Zahnfabrik G. m. b. H., Essen (Broschüre).

Lebenslauf.

Ich bin am 15. August 1910 in Cleve geboren. Bis zum Einjährigen besuchte ich das Schiller-Lyzeum zu Dortmund und bestand Ostern 1931 die Reifeprüfung am Goethe-Oberlyzeum zu Dortmund. Ich studierte dann in Königsberg und Freiburg Zahnheilkunde. In Freiburg bestand ich im Juli 1932 das Physikum und am 31. Oktober 1934 das Staatsexamen mit „sehr gut". Darauf wurde mir vom badischen Kultusministerium die Approbation als Zahnärztin zuerteilt.